

Das Digitale Ornament in der Architektur, seine Generierung, Produktion und Anwendung mit Computer-gesteuerten Technologien

Doctoral Thesis

Author(s):

Strehlke, Kai

Publication date:

2008

Permanent link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-005740635>

Rights / license:

In Copyright - Non-Commercial Use Permitted

**Das Digitale Ornament in der Architektur,
seine Generierung, Produktion und Anwendung
mit Computer-gesteuerten Technologien**

Abhandlung
zur Erlangung des Titels
Doktor der Technischen Wissenschaften
der
ETH Zürich

vorgelegt von
Kai Strehlke
Dipl. Arch. ETHZ

Geboren am
03.07.1966
in Seesen

Angenommen auf Antrag von
Prof. Dr. Gerhard Schmitt
Koreferent
Prof. Dr. Hans-Peter Schwarz

2008

Das Digitale Ornament in der Architektur, seine Generierung, Produktion und Anwendung mit Computer-Gesteuerten Technologien

Zusammenfassung

Das Ornament spielte in der Geschichte der Architektur bis ins 19. Jahrhundert eine grosse Rolle, die im ersten Abschnitt der Arbeit hinsichtlich seiner Generierung, Herstellung und kulturellen Bedeutung an Beispielen aus der islamischen Kunst, dem Historismus und des Jugendstils erläutert wird. Daran schliesst sich eine Auseinandersetzung an mit den Gründen, die in der Klassischen Moderne zum Verschwinden des Ornaments führten, in der Postmoderne zu seiner Wiederentdeckung und mit Beginn des Informationszeitalters mittels Computer-gesteuerten Entwurfs- und Produktionsmethoden zu völlig neuen Formen der Ornamentierung von Gebäuden. Diese reichen von farbig gestalteten bis zu medialen Fassaden. Multifunktionale Fassaden bilden den gegenwärtigen Endpunkt dieser Entwicklung.

Im zweiten Abschnitt der Arbeit werden mathematische Grundlagen der herkömmlichen Generierung von Ornamenten behandelt, angefangen mit geometrischen Zeichen bis hin zu Proportionen und zur Perspektive. Näher eingegangen wird auf die verschiedenen Möglichkeiten der dynamischen und Computer-gesteuerten Generierung von Ornamenten. Das Gleiche gilt für die Computer-gesteuerten Technologien der Produktion von Ornamenten mit digitalen fotografischen Prozessen und CNC-gesteuerten Maschinen wie Fräsen, Stanzmaschinen und Laser und Wasserstrahlschneidern.

Im Hauptteil der Arbeit werden innovative Ornamente beschrieben, die an der Professur CAAD der ETH Zürich in Forschung und Lehre entwickelt wurden. Die Ornamente wurden teils mit digitalen Programmen gezeichnet, teils programmiert und anschliessend CNC-gesteuert gefräst oder mit Wasserstrahlschneidern produziert.

In einer eigenständigen Forschungsarbeit wurde sodann auf der Grundlage der Hilbertkurve ein flächenfüllendes lineares Ornament entwickelt.

Eine weitere Aufgabe bestand darin, rustizierte historische Fassaden über fotografische Aufnahmen zu programmieren und in einer dem Original ähnlichen Form zu interpretieren und zu fräsen.

In der gleichen Technik wurde die ornamentierte Fassade eines historischen Gebäudes anlässlich einer Baumassnahme entsprechend den Anforderungen der Denkmalpflege in Stahlguss wiederhergestellt.

Die darauf folgende Arbeit war die Entwicklung von Ornamenten für Flügeltüren am Eingang in den Hauptsaal des Landesmuseums Zürich. Als Vorlage diente hier ein mikroskopisches Bild einer Diestelblüte, welches digital umgesetzt und in Eichenholz gefräst wurde.

Den Abschluss der Arbeit bildet die Vorstellung eines parametrisierten multifunktionalen Ornaments für die Fassade eines von den Architekten Herzog und de Meuron entworfenen Bauvorhabens in Jerez de la Frontera, einer Spanischen Stadt mit einer reichen maurischen Vergangenheit. Die Gestaltung des Ornaments sollte einerseits an islamische Kalligrafie anklingen und andererseits an die Zeichensprache der heutigen Graffiti-Szene. Für die Bildung des Ornaments wurde eine Auswahl von Schriftzeichen (Tags) entwickelt. Mit diesen Tags wurde eine perforierte Wand entworfen als Umgebungs- und Stützmauer für einen Turm und einen Teil der das Bauprojekt umgebenden Mauer. Konstruktiv sollte das Ornament aus Beton ausgebildet werden mit Öffnungen, die sich durch die Überlagerung der Tags ergeben.

Die Parametrisierung der Fassade wurde über eine Vielzahl von Funktionen gesteuert. Die wichtigste bestand in der Statik, welche die Lasten des Gebäudes über das Ornament ableitet. Aus diesem Grunde wurden in der Fassade Punkte definiert, an welchen die Deckenlasten in die Fassade geleitet werden. Über spezielle kalligrafische Tags wurden die Lasten in der Fassade verteilt und im Gitter abgeleitet.

Eine andere Anforderung bestand in der Anpassung der Tags, um an definierten Stellen Öffnungen für die Feuerwehr in der Fassade zu ermöglichen. Beim Turm sollte das Ornament auch die Funktion eines Sonnenschutzes übernehmen. Entsprechend der Himmelsrichtung mussten die Öffnungen daher unterschiedlich gross sein. Die Eingangstüren sollten schliesslich mit einem Ornament versehen werden, das im geöffneten wie auch im geschlossenen Zustand ästhetischen Anforderungen genügt.

Für die Entwicklung des multifunktionalen Ornaments wurden viele Prozesse programmiert, die in einer iterativen Weise zu dem erwünschten Ergebnis führten. Bestimmte Funktionen mussten mit grosser Genauigkeit erfüllt werden, andere Funktionen erlaubten eine gewisse Toleranz. Um den Entwurf flexibel zu gestalten und gleichzeitig den komplexen Anforderungen zu genügen, erfolgte die Parametrisierung mit unterschiedlichen Konfigurationsdateien. Immer wenn es auf eine genaue geometrische Platzierung ankam, wurde die Parametrisierung mit geometrischen Dateien gesteuert. Die übrigen Parameter wurden über eine Bildmethode gesteuert.

Die Entwicklung des Ornaments geschah in einer kontinuierlichen digitalen Prozesskette, welche zu jedem Zeitpunkt abgebrochen werden und mit herkömmlichen zeichnerischen Methoden weiter entwickelt werden kann. Da es sich um ein konkretes Bauvorhaben handelt, musste man diese Möglichkeit garantieren. Der endgültige Entwurf liegt als Zeichnung vor sowie in Form eines digitalen Datenmodells für die Produktion der Fassade mit CNC-gesteuerten Maschinen. Darüber hinaus erlaubt das digitale Datenmodell, gestalterische Anpassungen bis hin zur Produktion vorzunehmen.

Die Arbeit reiht sich damit ein in die gegenwärtige Diskussion der Architektur über die Verwendung des Ornaments. Während bisher Ornamente in Form von

Mapping in den verschiedensten Techniken appliziert werden, wird in dieser Arbeit ein neuer Ansatz vorgestellt: Die vielschichtige Integration des Ornaments in die Architektur und sein Wandel vom reinen Dekor zum funktionalen Ornament.

The Digital Ornament in Architecture, its Generation, Production and Application with Computer-Controlled Technologies

Abstract

Ornaments played an important role in architecture until the 19th century. This is explained in the first part of the thesis as regards their generation, production and cultural importance along examples from Islamic art, the historical period and the arts and crafts movement. Subsequently, the reasons are explained why in the classical modern period ornaments disappeared from the architectural scene and why they were rediscovered in the postmodern period. With the beginning of the information age, completely new ways of ornamentation were possible, thanks to computer-aided methods of design and production. This resulted in decorating buildings, ranging from colored to medial façade. Multifunctional facades characterize the present stage of this development.

The second part of the thesis deals with the mathematical basis of traditional ornaments, starting from geometric principles and continuing with proportions and perspectives. The different possibilities of dynamic and computer-controlled generation of ornaments are discussed in detail. Likewise, computer-controlled technologies for the production of ornaments are explained, using digital photographic processes and CNC-controlled machines, such as milling machines, punch presses and water-jet-cutters.

The main part of the thesis is devoted to innovative ornaments, developed at the chair of CAAD at the Swiss Federal School of Technology in Zurich during its research and teaching activities. The ornaments were partly drafted with digital programs, partly programmed and then produced with CNC-controlled milling machines and water-jet cutters.

The author himself carried out a research project which consisted of designing a surface-filling linear ornament on the basis of a mathematical recursive function called the Hilbert curve.

Another task was to develop an algorithmic interpretation of digital images taken from a rusticated historical façade. In a digital production chain new façade elements could be interpreted and milled not as a copy but similar to the original.

The same technique was applied, according to the requirements of the Conservation Board, in the restoration of the ornamented façade of a historical building in Zurich which underwent a constructional change. In this case parts of the façade had to be reconstructed in cast iron for structural reasons.

This was followed by creating ornaments for wooden doors leading to the main hall of the Swiss National Museum in Zurich. In this project microscopic images of a thistle flower were used as a model for the digital process to generate ornaments milled in oak wood.

Finally, the development of a parametric multifunctional ornament for a large building project is presented, designed by the architects Herzog and De Meuron. The project is situated in Jerez de la Frontera, a Spanish city with a rich Moorish past. The ornament was to reflect on the one hand Islamic calligraphy and on the other present-day street graffiti. A collection of digitally generated tags were developed to create the ornament. From the tags a perforated wall was designed, surrounding and supporting a tower and part of the enclosure of the building project. For the placement and the composition of the tags a program was written. The ornament was to be made from concrete with openings resulting from the shape of the tags.

The façade had to fulfill a variation of different functions which defined the parameters of the programmed ornament. Of primary importance was the consideration of static requirements. The weight of the building had to be carried by the ornament. For this reason, points were defined through which the loads of the slabs were conducted into the façade. Special tags were designed and precisely placed in the façade to fulfill this function.

Another requirement was to leave several bigger openings to enable access for fire brigades in case of a fire. Furthermore, the tags had to serve as sun-shade, depending on the position of the walls. This again called for specific adaptations of the tags. Also the entrance gate of the building complex had to be ornamented in such a way that esthetic criteria were met both when opened and closed.

To develop the multifunctional ornament a large number of processes were programmed which, step by step, led to the desired result. Some functions had to be met with a high degree of precision, others allowed for some scope of tolerance. To keep a high level of flexibility and allow at the same time a high complexity in the design, different types of data were used to parametrize the façade. Parameters which needed a high geometric precision were retrieved from geometric input files; the other parameters were stored in pixel-based image files.

The ornament was developed in a continuous digital chain which could be interrupted at any time and be carried further by traditional methods. To enable the construction of the building it was important to employ this approach. The final design exists as a conventional drawing and likewise as a model of digital data which can be used for the construction of the facade with CNC-controlled machines. Furthermore, the digital model allows for adaptations of the design and production of the ornament throughout the whole building process.

The thesis thus contributes to the present discussion of the application of ornaments in architecture. Whereas until now mostly mapping is used in different techniques, a new approach is presented: The integration of ornaments in architecture and shifting from pure decorative ornaments to functional ornaments.